



28)

⑮ BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**
⑩ **DE 197 33 709 A 1**

⑤ Int. Cl.⁶:
G 01 B 11/03

⑳ Aktenzeichen: 197 33 709.0
㉑ Anmeldetag: 4. 8. 97
㉒ Offenlegungstag: 11. 2. 99

DE 197 33 709 A 1

⑦① Anmelder:
Leitz-Brown & Sharpe Meßtechnik GmbH, 35578
Wetzlar, DE

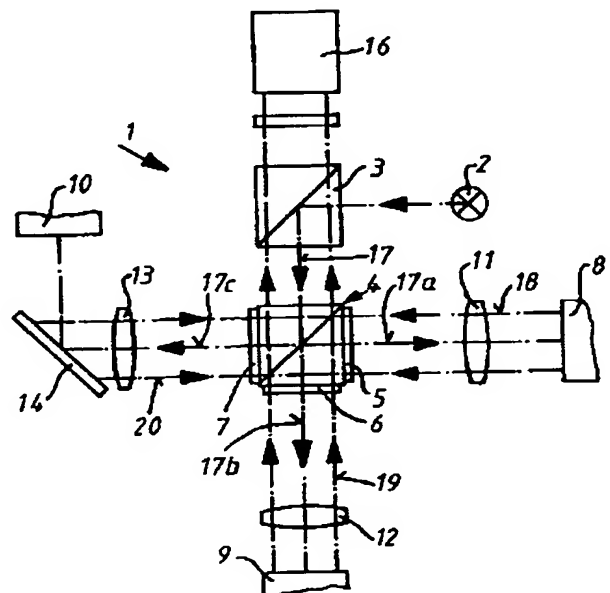
⑦② Vertreter:
S. Knefel und Kollegen, 35578 Wetzlar

⑦③ Erfinder:
Gumbert, Klaus, 35764 Sinn, DE; Fugmann,
Winfried, Dr., 35583 Wetzlar, DE; Neumann, Jan,
Dr., 35625 Hüttenberg, DE

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

⑤④ Optischer Tastkopf für 3D-Koordinatenmeßgeräte

⑤⑦ Die Erfindung betrifft einen optischen Tastkopf für 3D-Koordinatenmeßgeräte, bei dem das Antasten von Oberflächen, deren Normale gegen die Tastkopfachse geneigt ist, möglich ist. Dieses wird dadurch erreicht, daß vor dem eigentlichen Sensor eine Aufspaltungs- und/oder Umlenkvorrichtung vorgesehen ist (Fig. 1).



DE 197 33 709 A 1

Die Erfindung betrifft einen optischen Tastkopf für 3D-Koordinatenmeßgeräte.

Zum Stand der Technik gehören Koordinatenmeßgeräte, die Werkstücke in der Regel mechanisch antasten, das heißt, es werden berührende Taster eingesetzt. Dies ist bei bestimmten Meßaufgaben unpraktikabel oder gar nicht möglich, insbesondere bei der Messung

- weicher Oberflächen oder solcher Materialien, die sich auf dem Taster ablagern,
- sehr harter Oberflächen, die den Taster beschädigen,
- flexibler Teile,
- sehr kleiner oder nur optisch wirksamer Strukturen, wie etwa Beschichtungen, oder
- wenn sehr viele Merkmale auf engem Raum schnell gemessen werden müssen.

In vielen dieser Fälle kann die Meßaufgabe besser oder nur durch eine optische Antastung gelöst werden.

Da die genannten Meßaufgaben nicht auf zweidimensionale Teile beschränkt sind, sondern auch bei dreidimensionalen Werkstücken vorkommen, werden für 3D-Koordinatenmeßgeräte zusätzliche optische Sensoren angeboten. Dies sind einerseits Punkt- oder Liniensensoren, die in einem Punkt oder in Punkten entlang einer Linie den Abstand zur Werkstückoberfläche messen, und andererseits Bildsensoren, bei denen eine CCD-Kamera (Charge-Coupled-Device) ein Bild der Werkstückoberfläche aufnimmt und über ein Fadenkreuz oder eine automatische Bildverarbeitung die Bestimmung von Koordinatenwerten oder sonstige Auswertungen möglich sind.

Bedingung für eine optische Antastung ist stets, daß genügend Licht von der Objektoberfläche in den optischen Sensor gelangt. Oberflächen, die zur Beleuchtungsrichtung so geneigt sind, daß kein oder zu wenig Licht in den optischen Sensor reflektiert wird, können daher ohne entsprechendes Schwenken des Sensors nicht antastet werden.

Da die meisten technischen Oberflächen vorwiegend gerichtet reflektieren, darf daher die Neigung der Oberflächennormalen zu der Achse des Sensors gemäß dem Stand der Technik den halben Aperturwinkel nicht wesentlich überschreiten.

Bei der Mehrzahl der Meßaufgaben an technischen Werkstücken sind jedoch Merkmale zu messen, die eine seitliche Antastung erfordern, wie beispielsweise Durchmesser von Bohrungen. Mechanische Taster, bei denen an der Spitze eines Schafts eine Kugel angebracht ist, deren Durchmesser größer als der des Schafts ist, sind für achsenparallele und seitliche Antastungen ausgelegt. Mit optischen Tastern ist aus dem beschriebenen Grund die Antastung einer Oberfläche, deren Normale beispielsweise senkrecht zur Achse des Sensors steht, nicht möglich.

Bekannte Lösungen, wie Drehtische oder Dreh-Schwenkeinrichtungen verteuern das System oder verschlechtern die Meßgenauigkeit erheblich. Darüber hinaus ist auch mit solchen Einrichtungen keine Messung in Bohrungen oder Nuten möglich, da hierbei der gesamte Sensor in die Hohlstruktur eintauchen müßte.

Das der Erfindung zugrunde liegende technische Problem besteht darin, einen optischen Tastkopf anzugeben, der seitliche Antastungen auch an Flächen, deren Normale nahezu senkrecht zur Sensorachse steht, ermöglicht und damit in der Einsatzbreite einem 3D-Taster näher kommt als bekannte optische Taster.

Dieses technische Problem wird durch die Merkmale des Anspruchs 1 gelöst.

Dadurch, daß dem eigentlichen Sensor eine Aufspaltungs- und/oder Umlenkvorrichtung vorgeschaltet ist, ist es möglich, Oberflächen optisch anzutasten, deren Normale gegen die Tastkopfachse geneigt ist. Die Aufspaltungs- und/oder Umlenkvorrichtung kann erheblich kompakter ausgeführt werden als der Sensor selbst, so daß auch Innenmessungen in Bohrungen, Nuten oder anderen Hohlstrukturen möglich sind.

Die erfindungsgemäß vorgesehene Aufspaltungs- und/oder Umlenkvorrichtung ist mit dem optischen Taster starr, gegebenenfalls auswechselbar verbunden und lenkt den Beleuchtungs- und/oder Beobachtungsstrahl ab oder spaltet ihn in mehrere Strahlen auf. Hierbei spielt es keine wesentliche Rolle, ob die Aufspaltungs- und/oder Umlenkvorrichtung zwischen Kamera und dem wenigstens einen Objektiv oder vor dem wenigstens einen Objektiv angeordnet ist.

Als optische Elemente enthält die Aufspaltungs- und/oder Umlenkvorrichtung Spiegel und/oder Teiler, beispielsweise auch Beugungselemente oder holographisch-optische Elemente, und/oder faseroptische Elemente sowie gegebenenfalls optische Schaltelemente, wie Shutter oder LCD-Folien (Liquid-Crystal-Devices). Mit den optischen Schaltelementen können einzelne Strahlengänge ausgeblendet werden, um Störlicht von nichtaktiven Zweigen des "Tasterbaums" zu vermeiden. Dies ist jedoch oft nicht notwendig, da aus nicht fokussierten Strahlengängen meist nur sehr wenig Licht in den Sensor zurückfällt.

Sind mehrere Strahlengänge gleichzeitig "geöffnet", so muß klar sein, welcher Strahl die Antastung ausführt, etwa dadurch, daß sich die Objektoberfläche nur bei einem der Strahlengänge im Meßbereich befindet.

Der optische Tastkopf ist erfindungsgemäß als ein flächig abbildender Sensor ausgebildet, bei dem im Bild manuell oder automatisch Auswertungen vorgenommen werden können. Der optische Tastkopf kann aber auch ein optischer Punkt- oder Liniensensor sein.

Bei dem optischen Tastkopf können verschiedene Antast- oder Meßrichtungen gewählt werden. Diese Antast- oder Meßrichtungen werden durch Einwechseln der entsprechenden Aufspaltungs- und/oder Umlenkvorrichtung analog dem Tasterwechsel bei mechanischen Tastern gewählt. Es ist aber auch möglich, die Antast- oder Meßrichtungen mit Hilfe einer beweglichen Aufspaltungs- und/oder Umlenkvorrichtung oder eines ansteuerbaren optischen Elements im Strahlengang zu wählen.

Das ansteuerbare optische Element enthält Strahlteiler, LCD-Folien, Shutter, ansteuerbare polarisationsoptische Elemente, ansteuerbare Filter oder eine Kombination daraus.

Die Aufspaltungs- und/oder Umlenkvorrichtung oder das ansteuerbare optische Element befinden sich objektseitig, das heißt, vor dem wenigstens einen Objektiv oder zwischen Kamera und dem wenigstens einen Objektiv.

Die Optik kann weitere Umlenk-, Filter-, Polarisations- oder Strahlformungselemente enthalten.

Vorteilhaft ist der Beleuchtungsstrahl koaxial ausgebildet und wird mit dem Abbildungsstrahlengang umgelenkt.

Es ist auch möglich, räumlich getrennte Aufspaltungs- und/oder Umlenkvorrichtungen vorzusehen für den Beleuchtungs- und Beobachtungsstrahlengang.

Es kann eine Schrägauflicht-Beleuchtung vorgesehen sein, die gegebenenfalls der Antastrichtung anpaßbar ist.

Um die Positionen der einzelnen Antastpunkte zueinander oder relativ zu einem Referenzpunkt am Taster genauer zu bestimmen, kann die Kalibrierung an einem dafür geeigneten Objekt vorgesehen sein. Darüber hinaus kann eine Kalibrierung an dem für mechanische Taster vorgesehenen Kalibriernormal vorgesehen sein, insbesondere auch relativ zu

einem mechanischen Taster, um Meßaufgaben zu erfüllen, bei denen optisch und mechanisch angetastet werden muß. Hierfür sind allgemein Meßobjekte mit sowohl optisch als auch mechanisch antastbaren Merkmalen geeignet.

Weitere Einzelheiten der Erfindung können den Unteransprüchen entnommen werden.

Auf der Zeichnung ist ein Ausführungsbeispiel der Erfindung dargestellt, und zwar zeigen:

Fig. 1 einen erfindungsgemäßen Tastkopf;

Fig. 2 ein geändertes Ausführungsbeispiel;

Fig. 3 einen Tastkopf mit Tasterwechselmöglichkeit;

Fig. 4 ein geändertes Ausführungsbeispiel.

Fig. 1 zeigt einen erfindungsgemäßen Tastkopf (1) mit einer Beleuchtungseinrichtung (2). Der von der Beleuchtungseinrichtung ausgesendete Lichtstrahl wird an einem Teilerprisma (3) umgelenkt auf eine Aufspaltungs- und/oder Umlenkvorrichtung (4). Die Aufspaltungs- und/oder Umlenkvorrichtung (4) weist LCD-Polien (5, 6, 7) auf, mit denen die Sichtichtung je nach elektrischer Beschaltung (nicht dargestellt) geöffnet wird.

Von der Aufspaltungs- und Umlenkvorrichtung kann der von dem Teilerprisma (3) kommende Lichtstrahl auf Objekte (8, 9, 10) aufgespalten und umgelenkt werden. Die Objekte (8, 9, 10) können beispielsweise die Oberfläche einer Bohrung eines Werkstückes darstellen. Vor den Objekten (8, 9, 10) sind telezentrische Optiken (11, 12, 13) angeordnet. Zwischen der Optik (13) und dem Objekt (10) ist zusätzlich ein weiterer Umlenkspiegel (14) vorgesehen. Je nachdem, welcher Strahlengang "geöffnet" ist, wird der Lichtstrahl von dem Objekt (8, 9 oder 10) auf die Umlenkvorrichtung (4) durch die Optiken (11, 12 oder 13) reflektiert. Von der Umlenkvorrichtung (4) fällt der Lichtstrahl durch das Teilerprisma in eine CCD-Kamera (16). Der Störlichtanteil läßt sich durch bekannte polarisationsoptische Maßnahmen (nicht dargestellt) verringern. Die weitere Verarbeitung und Auswertung ist ebenfalls nicht dargestellt.

Die Aufspaltungs- und/oder Umlenkvorrichtung (4) ist mit dem optischen Taster starr verbunden. Sie kann aber auswechselbar gestaltet sein. Die Aufspaltungs- und/oder Umlenkvorrichtung (4) lenkt den Beleuchtungsstrahl (17) entweder zur Seite ab oder spaltet ihn in mehrere Strahlen (17a, 17b, 17c) auf.

Als optische Elemente enthält die Aufspaltungs- und/oder Umlenkvorrichtung (4) Spiegel oder Teiler. Bei einem optischen Taster (1), bei dem der Beobachtungsstrahlengang (18, 19, 20) koaxial zum Beleuchtungsstrahlengang (17a, 17b, 17c) verläuft, werden die von den einzelnen Strahlen erzeugten Lichtflecke auf den Objektoberflächen der Objekte (8, 9, 10) über dieselben Elemente beobachtet.

Die Fig. 1 zeigt einen optischen Taster mit zwei um 90° umgelenkten Strahlen (17a, 17c) und einem durchgehenden Strahl (17b).

Bei einem optischen Taster, bei dem Beleuchtungs- und Beobachtungsstrahlengang räumlich getrennt sind (nicht dargestellt), sind entweder räumlich getrennte Aufspaltungs- und/oder Umlenkelemente zu verwenden, oder diese müssen so groß sein, daß beide Strahlengänge in gleicher Weise aufgespalten oder umgelenkt werden.

Bei einem "schaltenden" optischen Taster, der ein Signal gibt, wenn die Objektoberfläche sich in einem bestimmten Abstand zum Taster befindet, sollte die Bedienung ähnlich wie bei einem taktilen Taster mit "Tasterbaum" erfolgen, das heißt, es sollte klar erkennbar sein, welcher Strahl die Antastung ausführt.

Dieses ist in Fig. 2 dargestellt. Fig. 2 zeigt den optischen Taster (21) mit der Aufspaltungs- und/oder Umlenkvorrichtung (22), welche den Beleuchtungsstrahlengang (23) in die Beleuchtungsstrahlengänge (25a, 25b, 25c) aufspaltet und

die Beobachtungsstrahlengänge (25a, 25b, 25c) in den Beobachtungsstrahlengang (23) zusammenführt.

Wenn bei dem in der Fig. 2 dargestellten Sensor (21) die Antastung im Fokus erfolgt, ist dieses gemäß Fig. 2 der Strahl (25a). Bei einem messenden optischen Taster, der innerhalb eines Meßbereichs den Abstand zur Objektoberfläche (24) mißt, darf sich die Objektoberfläche (24) entweder nur bei einem der Strahlen im Meßbereich befinden, oder die Antastung muß durch andere Merkmale, etwa durch Polarisation, eindeutig einem Strahl zuzuordnen sein.

In Fig. 3 ist ein Ausführungsbeispiel mit einem optischen Taststiftwechsel dargestellt.

An einer Pinole (26) eines Koordinatenmeßgerätes (27) ist ein optischer Tastkopf (28) angeordnet. Die Pinole (26) und der Tastkopf (28) werden durch einen Kollisionsschutz (29) geschützt.

Der optische Tastkopf (28) enthält eine Lichtquelle (30), einen ersten Teiler (31), einen Sensor (32), der beispielsweise eine CCD-Kamera sein kann, ein Objektiv (33), gegebenenfalls weitere optische Elemente (nicht dargestellt) und eine Tasterwechsel-Schnittstelle (34). Die konstruktive Ausführung der Tasterwechsel-Schnittstelle (34), die eine lösbare aber reproduzierbare und starre Verbindung gewährleisten soll, ist von mechanischen Tastköpfen für Koordinatenmeßgeräte bekannt.

Auf die Tasterwechsel-Schnittstelle (34) wird eine optische Taststiftaufnahme (35) aufgesetzt, die anstelle eines mechanischen Taststifts einen zweiten Teiler (36) trägt, der über eine Halterung, beispielsweise ein Rohr, mit der Taststiftaufnahme (35) verbunden ist. Die konstruktive Merkmale der Taststiftaufnahme (35) und der Halterung sind ebenfalls im wesentlichen von mechanischen Tastern bekannt, wobei hier ein ungestörter Strahlengang zu ermöglichen ist. Vorteilhaft kann die mechanische Halterung als pyramiden- oder kegelförmiger Glasstab (37) ausgebildet sein, der einen Teil des Lichtwegs enthält und dadurch den Arbeitsabstand vom Sensor (32) zum Antastpunkt vergrößert. Im dargestellten Beispiel sind zwei Antastrichtungen (38, 39) realisiert, anstelle des zweiten Teilers (36) kann aber auch beispielsweise ein einfacher Umlenkspiegel verwendet werden, wodurch nur eine Antastrichtung entsteht.

Mit dem erfindungsgemäßen Tastkopf (28) können Innenmessungen an Bohrungen (49) vorgenommen werden, in die der Tastkopf (28) nicht eintauchen kann. Soll eine an dem betreffenden optischen Taststift nicht realisierte Antastrichtung gewählt werden, so wird manuell oder automatisch ein entsprechender zweiter, gegenüber dem ersten optischen Taststift kalibrierter optischer Taststift eingewechselt.

Gemäß Fig. 4 ist eine Tasterwechsel-Schnittstelle (40) zwischen dem Koordinatenmeßgerät (27) und einem Tastkopf (41) angeordnet, das heißt, es ist eine Tastkopf-Schnittstelle ausgebildet.

Der optische Tastkopf (41) enthält die gleichen Elemente wie im Ausführungsbeispiel nach Fig. 3, nämlich einen Sensor (42), ein Objektiv (43), eine Lichtquelle (44), einen Glasstab (45), einen ersten Teiler (46) und einen zweiten Teiler (47). Die Tasterwechsel-Schnittstelle (40) ist gemäß Fig. 4 jedoch an einer Pinole (48) angeordnet. Auf die Tasterwechsel-Schnittstelle (40) können verschiedene Tastköpfe (41) aufgesetzt werden, unter anderem mechanische und optische Tastköpfe. Verbindungsleitungen sind gemäß Fig. 4 nicht dargestellt. Über eine Halterung, etwa ein Rohr oder den Glasstab (45), ist mit dem Tastkopf (41) statt der zweite Teiler (47) verbunden, der bei Innenmessungen in Hohlstrukturen eintauchen kann.

Ein Meßlauf mit dem erfindungsgemäßen Tastkopf (41) gemäß Fig. 4 kann dann folgendermaßen ablaufen:

1. Es wird eine Kalibrierung aller bei dem Meßlauf benutzten Taster vorgenommen, gegebenenfalls an einem Kalibriernormal, das optische und mechanische Antastungen zuläßt.
2. Es werden die mit anderen Tastköpfen, auch mechanischen, anzutastenden Antastpunkte aufgenommen.
3. Es wird der erfindungsgemäße Tastkopf (41) auf die Tasterwechsel-Schnittstelle (40) eingewechselt.
4. Der Tastkopf (41) wird so bewegt, daß entweder die anzutastende Werkstückoberfläche sich für einen der Strahlengänge im Meßbereich befindet (bei einem messenden Antastverfahren), oder daß der Schalterpunkt eines der Strahlengänge auf die anzutastende Werkstückoberfläche bewegt wird (bei einem schaltenden Antastverfahren). Der betreffende Strahlengang wird entweder vom Bediener, durch die Bewegungsrichtung oder durch andere, gegebenenfalls optische Maßnahmen identifiziert. Die Antastpunkte werden aus Tastkopf- und Maschinendaten errechnet.
5. Mit dem erfindungsgemäßen Tastkopf werden weitere Messungen vorgenommen, oder es wird ein weiterer optischer Tastkopf, in dem weitere Antastrichtungen realisiert sind, eingewechselt.

Bezugszeichenliste

1	optischer Taster	
2	Beleuchtungseinrichtung	
3	Teilerprisma	
4	Aufspaltungs- und/oder Umlenkvorrichtung	
5, 6, 7	LCD-Folien	
8, 9, 10	Objekte	
11, 12, 13	telezentrische Optik	
14	Spiegel	
16	CCD-Kamera	
17	Beleuchtungsstrahlengang	
17a, 17b, 17c	Beleuchtungsstrahlengänge	
18, 19, 20	Beobachtungsstrahlengänge	
21	optischer Taster	
22	Aufspaltungs- und/oder Umlenkvorrichtung	
23	Beleuchtungs- und Beobachtungsstrahlengang	
24	Objektoberfläche	
25a, 25b, 25c	Beleuchtungs- und Beobachtungsstrahlengänge	
26	Pinole	
27	Koordinatenmeßgerät	
28	optischer Tastkopf	
29	Kollisionsschutz	
30	Lichtquelle	
31	erster Teiler	
32	Sensor	
33	Objektiv	
34	Tasterwechsel - Schnittstelle	
35	optische Taststiftaufnahme	
36	zweiter Teiler	
37	Glasstab	
38, 39	Antastrichtungen	
40	Tastkopf-Schnittstelle	
41	optischer Tastkopf	
42	Sensor	
43	Objektiv	
44	Lichtquelle	
45	Glasstab	
46	erster Teiler	
47	zweiter Teiler	
48	Pinole	
49	Bohrung	

Patentansprüche

1. Optischer Tastkopf für 3D-Koordinatenmeßgeräte, dadurch gekennzeichnet, daß der optische Tastkopf wenigstens eine Aufspaltungs- und/oder Umlenkvorrichtung (4) für den Beleuchtungsstrahl (17) und/oder für den Beobachtungsstrahl (18, 19, 20) aufweist.
2. Tastkopf nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß bei dem optischen Tastkopf verschiedene Antast- und/oder Meßrichtungen wählbar sind.
3. Tastkopf nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Antast- und/oder Meßrichtungen durch Einwechseln der wenigstens einen entsprechenden Aufspaltungs- und/oder Umlenkvorrichtung (4) und/oder durch Einwechseln des optischen Tastkopfes (28, 41) wählbar ist.
4. Tastkopf nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Antast- und/oder Meßrichtungen mit Hilfe der wenigstens einen Aufspaltungs- und/oder Umlenkvorrichtung (4), welche beweglich ausgebildet ist, oder mit Hilfe wenigstens eines ansteuerbaren optischen Elementes (5, 6, 7) im Strahlengang wählbar sind.
5. Tastkopf nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß das wenigstens eine ansteuerbare optische Element (5, 6, 7) wenigstens einen Strahlteiler, wenigstens eine LCD-Folie (Liquid-Cristal-Devices), wenigstens einen Shutter, wenigstens ein ansteuerbares polarisationsoptisches Element und/oder wenigstens einen ansteuerbaren Filter aufweist.
6. Tastkopf nach Anspruch 1 oder 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Aufspaltungs- und/oder Umlenkvorrichtung (4) und/oder das ansteuerbare optische Element (5, 6, 7) zwischen dem wenigstens einen Objektiv (11, 12, 13) und einem Objekt (8, 9, 10) angeordnet ist.
7. Tastkopf nach Anspruch 1 oder 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Aufspaltungs- und/oder Umlenkvorrichtung (4) und/oder das ansteuerbare optische Element (5, 6, 7) zwischen einer Kamera (16) und dem wenigstens einen Objektiv (11, 12, 13) angeordnet ist.
8. Tastkopf nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der optische Tastkopf als ein flächig abbildender Sensor ausgebildet ist, bei dem im Bild manuell oder automatisch Auswertungen vornehmbar sind.
9. Tastkopf nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der optische Tastkopf als ein optischer Punkt- oder Liniensensor ausgebildet ist.
10. Tastkopf nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Optik (11, 12, 13) telezentrisch ausgebildet ist.
11. Tastkopf nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Optik (11, 12, 13) als Zoom-Optik ausgebildet ist.
12. Tastkopf nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Optik (11, 12, 13) wenigstens ein weiteres Umlenk-, Filter-, Polarisations- und/oder Strahlformungselement (14) aufweist.
13. Tastkopf nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Beleuchtungsstrahlengang (17) coaxial ausgebildet ist.
14. Tastkopf nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, daß der Beleuchtungsstrahlengang (17) zusammen mit dem Abbildungsstrahlengang (18, 19, 20) umlenkbar ausgebildet ist.
15. Tastkopf nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß eine Schrägauflicht-Beleuchtung vorgesehen ist.
16. Tastkopf nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet,

net, daß die Schrägauflicht-Beleuchtung als eine der Antastrichtung anpaßbare Schrägauflicht-Beleuchtung ausgebildet ist.

17. Tastkopf nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß eine Kalibrierung vorgesehen ist.

5

18. Tastkopf nach Anspruch 17, dadurch gekennzeichnet, daß die Kalibrierung relativ zu einem mechanischen Taster ausführbar ist.

19. Tastkopf nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß räumlich getrennte Aufspaltungs- und/oder Umlenkvorrichtungen (4) für den Beleuchtungsstrahlengang (17) und den Beobachtungsstrahlengang (18, 19, 20) vorgesehen sind.

10

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

- Leerseite -

BEST AVAILABLE COPY

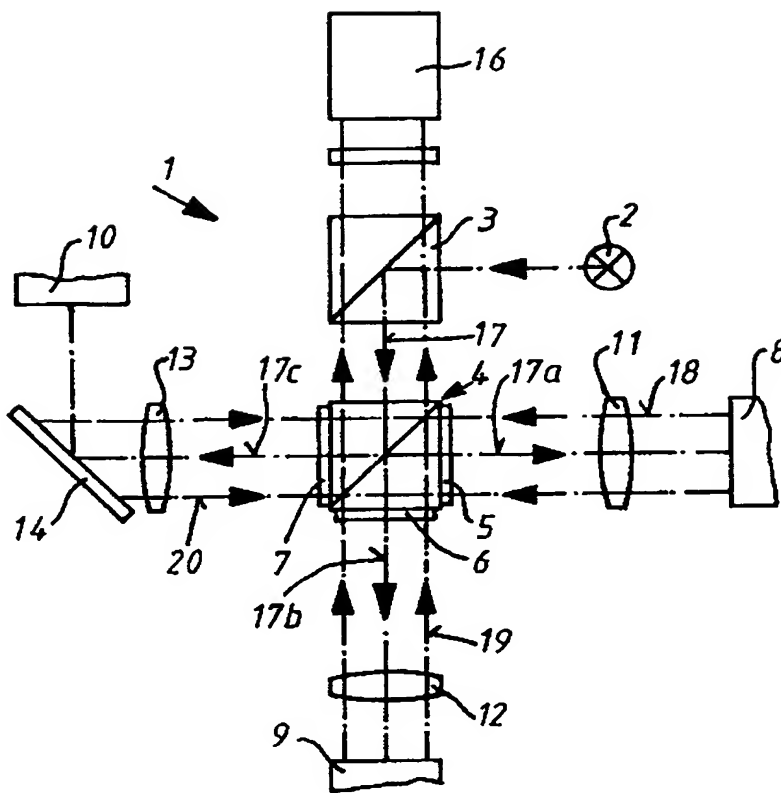


Fig. 1

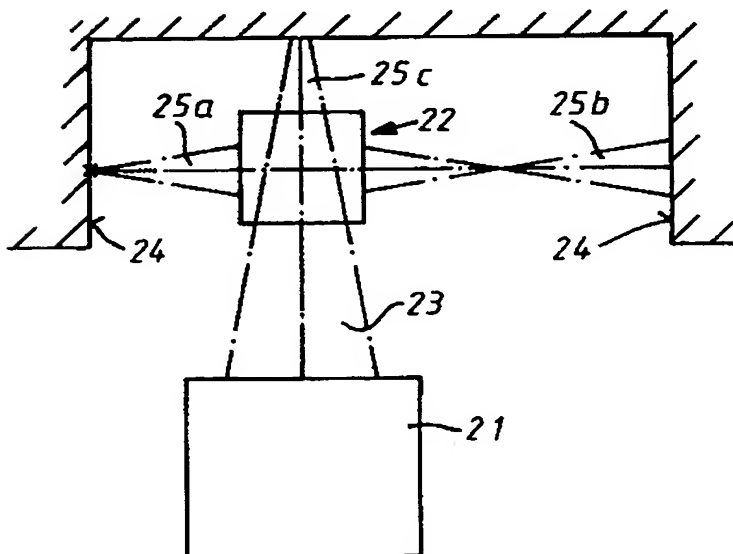


Fig. 2